

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **Hiroji EBE, et al.**

Group Art Unit: **Not Yet Assigned**

Serial No.: **Not Yet Assigned**

Examiner: **Not Yet Assigned**

Filed: **August 21, 2003**

For: **SEMICONDUCTOR OPTICAL DEVICE WITH QUANTUM DOTS**

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Date: August 21, 2003

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

**Japanese Appln. No. 2002-246175, filed August 27, 2002**

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,

ARMSTRONG, WESTERMAN & HATTORI, LLP



William G. Kratz, Jr.  
Attorney for Applicants  
Reg. No. 22,631

WGK/jaz  
Atty. Docket No. **031022**  
Suite 1000  
1725 K Street, N.W.  
Washington, D.C. 20006  
(202) 659-2930



**23850**

PATENT TRADEMARK OFFICE

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-246175

[ST.10/C]:

[JP2002-246175]

出 願 人

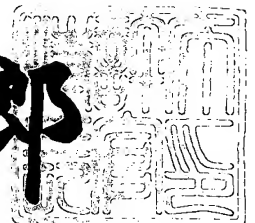
Applicant(s):

富士通株式会社

2003年 6月20日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3048546

【書類名】 特許願

【整理番号】 0240591

【提出日】 平成14年 8月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/06

【発明の名称】 量子ドットを有する半導体光装置

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 江部 広治

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 中田 義昭

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 秋山 知之

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100091340

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 敬四郎

【電話番号】 03-3832-8095

【選任した代理人】

【識別番号】 100105887

【弁理士】

【氏名又は名称】 来山 幹雄

【電話番号】 03-3832-8095

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009852

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705794

【包括委任状番号】 0109607

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 量子ドットを有する半導体光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第1の格子定数を有する第1の半導体の表面を有する基板と、前記基板上に形成された半導体積層であって、前記第1の格子定数よりも小さい第2の格子定数を有する第2の半導体で形成された第1種の量子ドットを含む活性層を有する半導体積層とを有する半導体光装置。

【請求項 2】 前記活性層は、前記第 1 の格子定数とほぼ格子整合するバリア層を含み、前記第 1 種の量子ドットは前記バリア層に埋め込まれている請求項 1 記載の半導体光装置。

【請求項 3】 前記半導体積層の活性層が、さらに、前記第1の格子定数よりも大きい第3の格子定数を有する第 3 の半導体で形成された第2種の量子ドットを含む請求項 1 または 2 記載の半導体光装置。

【請求項 4】 前記第 1 種の量子ドットと前記第 2 種の量子ドットとは前記バリア層内で交互に面状に分布している請求項 3 記載の半導体光装置。

【請求項 5】 前記第 1 の半導体が  $\text{InP}$  であり、前記第 2 の半導体が  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}_y\text{As}_{1-y}$  ( $0 \leq x \leq 0.5$ ,  $0 \leq y \leq 0.5$ ) である請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項記載の半導体光装置。

【請求項 6】 前記活性層はキャビティを構成する 1 対の端面を有し、さらに前記 1 対の端面上に形成された反射防止膜を有する請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項記載の半導体光装置。

【請求項 7】 さらに、前記 1 対の端面に光学的に結合された 1 対の光ファイバを有する請求項 6 記載の半導体光装置。

【請求項 8】 光信号を供給する入力側光ファイバと、前記光ファイバに光学的に結合され、第1の格子定数を有する第1の半導体の表面を有する基板と、前記基板上に形成された半導体積層であって、前記第1の格子定数よりも小さい第2の格子定数を有する第2の半導体で形成された第1種の量子ドットと、前記第1の格子定数よりも大きい第3の格子定数を有する第 3 の半導

体で形成された第2種の量子ドットとを含む活性層を有する半導体積層とを有する半導体光増幅器と、  
を有する光通信装置。

【請求項 9】 前記活性層は、さらに前記第 1 の格子定数とほぼ整合するバリア層を含み、前記第 1 種の量子ドットは前記バリア層内に埋め込まれている請求項 8 記載の光通信装置。

【請求項 1 0】 前記半導体積層の活性層が、さらに、前記第 1 の格子定数よりも大きい第 3 の格子定数を有する第 3 の半導体で形成された第 2 種の量子ドットを含む請求項 8 または 9 記載の光通信装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は半導体光装置に関し、特に活性層内に量子ドットを有する半導体光装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

量子化を利用した半導体装置が知られている。半導体層の厚さを薄くしていくと、1次元量子化を行うことができる。1次元量子化を行ったウエル層とバリア層とを交互に積層し、多重量子井戸（MQW）を形成した構造は、半導体レーザ等に用いられている。

【 0 0 0 3 】

半導体層の厚さと幅とを制限し、2次元量子化を行った量子細線は、論理素子等に用いられている。半導体層の3次元方向の寸法全てを制限し、3次元量子化を行った量子ドットは、論理素子や発光素子に用いられる。

【 0 0 0 4 】

下地基板に格子整合しない材料、すなわち歪みの発生する材料をエピタキシャルに成長すると、成長初期のある段階で自己発生的に数 nm ～ 数 10 nm オーダーのごく微小な島状成長が起こる（S - K モード）。従来の量子ドットは、この現象を利用して形成されている。

## 【 0 0 0 5 】

G a A s 基板や I n P 基板上に、基板よりもバンドギャップが狭く、格子定数の大きい I n A s 又は I n G a A s ( I n P 基板の場合は I n リッチの I n G a A s ) をエピタキシャル成長し、量子ドットを形成する。より現実的には、基板と格子整合する半導体バリア層と格子定数が大きく、バンドギャップの狭い量子ドットとを交互に積層する。バリア層内にバンドギャップの狭い量子ドットが埋め込まれた構造が形成される。このような系において、量子ドットには圧縮歪みが発生する。

## 【 0 0 0 6 】

半導体結晶に歪みが生じる（応力が印加される）と、バンド端において縮退していた正孔のレベルが重い正孔のレベルと軽い正孔のレベルとに分離する。圧縮歪みが発生した量子ドットにおいては、電子－重い正孔間のエネルギー差が電子－軽い正孔間のエネルギー差よりも小さくなり、電子－重い正孔間の光学的遷移が優勢になる。この場合、T E モードの光との相互作用が優勢となる。圧縮歪みの発生した量子ドットを用いて光増幅器やレーザを形成すると、T E モードの光を増幅したり発生したりする。

## 【 0 0 0 7 】

T M モードの光を発生したり、増幅する半導体光装置も望まれるが、従来そのような量子ドットを用いた半導体光装置は知られていない。

光ファイバーを利用したフォトリックネットワーク等においては、伝播する光の偏光方向は変化し、不定となる。光増幅器で光信号の増幅を行なおうとする場合、T E モードの光、T M モードの光を共に増幅することも望まれる。T E モードの光のみを増幅したのでは不十分である。

## 【 0 0 0 8 】

## 【発明が解決しようとする課題】

以上説明したように、従来の量子ドットを用いた半導体光装置は、T E モードの光との相互作用が優性であった。量子ドットは、圧縮歪みを有する量子ドットであった。

## 【 0 0 0 9 】

本発明の目的は、TMモードの光と相互作用することのできる半導体光装置を提供することである。

本発明の他の目的は、引張り歪みを持つ量子ドットを有する半導体装置を提供することである。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の1観点によれば、第1の格子定数を有する第1の半導体の表面を有する基板と、前記基板上に形成された半導体積層であって、前記第1の格子定数よりも小さい第2の格子定数を有する第2の半導体で形成された第1種の量子ドットを含む活性層を有する半導体積層とを有する半導体光装置が提供される。

#### 【0011】

本発明の他の観点によれば、光信号を供給する入力側光ファイバと、前記光ファイバに光学的に結合され、第1の格子定数を有する第1の半導体の表面を有する基板と、前記基板上に形成された半導体積層であって、前記第1の格子定数よりも小さい第2の格子定数を有する第2の半導体で形成された第1種の量子ドットと、前記第1の格子定数よりも大きい第3の格子定数を有する第3の半導体で形成された第2種の量子ドットとを含む活性層を有する半導体積層とを有する半導体光増幅器と、を有する光通信装置が提供される。

#### 【0012】

基板よりも格子定数の小さい材料で量子ドットを形成すると、量子ドットには引張り歪みが発生する。

引張り歪みが発生した量子ドットにおいては、電子-軽い正孔間のエネルギー差が電子-重い正孔間のエネルギー差よりも小さくなり、電子-軽い正孔間の光学的遷移が優勢になる。この場合、TMモードの光との相互作用が優勢となる。

#### 【0013】

##### 【発明の実施の形態】

半導体光装置の多くにおいては、光と相互作用する活性層を活性層よりバンドギャップが広く、p型、n型を有するクラッド層で挟み、pnダイオード構造を形成する。ダイオードに順方向電流を流し、活性層において電子-正孔発光性再



結合を行なわせることにより光が発生する。

#### 【 0 0 1 4 】

図 1 (A)、(B) は、半導体光装置の 2 つの構成例を示す。

図 1 (A) において、例えば (3 1 1) B 面の n 型 I n P 基板 1 の上に、n 型 I n P バッファ層を例えば厚さ約 1 0 0 ~ 2 0 0 n m エピタキシャルに成長する。バッファ層 2 は結晶性の優れた下地結晶を提供するためであり、基板の結晶性が十分良質であれば省略しても良い。バッファ層 2 の上に、n 型 I n P のクラッド層 3 を例えば厚さ約 3  $\mu$  m エピタキシャルに成長する。基板 1、バッファ層 2、クラッド層 3 の n 型不純物の濃度は例えば  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  である。

#### 【 0 0 1 5 】

n 型クラッド層 3 の上に、例えば 0. 5  $\mu$  m の活性層 4 を成長する。活性層 4 はノンドープで、引張り歪みを有する量子ドットを含む層である。活性層 4 の構成については後述する。

#### 【 0 0 1 6 】

活性層 4 の上に、例えば厚さ 3  $\mu$  m の p 型 I n P クラッド層 5 をエピタキシャルに成長する。クラッド層 5 の上に、例えば厚さ 0. 5  $\mu$  m の p 型 I n<sub>0.53</sub>G a<sub>0.47</sub>A s コンタクト層 7 をエピタキシャルに成長する。クラッド層 7 の p 型不純物濃度は、例えば  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  であり、コンタクト層 7 の p 型不純物濃度は、例えば  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  である。

#### 【 0 0 1 7 】

なお、基板上の各半導体層は、制限的ではないが分子線エピタキシ (M B E) 又は有機金属気相成長法 (M O C V D) によりエピタキシャル成長することができる。

#### 【 0 0 1 8 】

例えば、M B E の場合は、各構成元素の固体を原料とし、さらに p 型不純物 B e, n 型不純物 S i を用いる。成長温度は例えば量子ドット層は 4 5 0 - 5 5 0  $^{\circ}\text{C}$ 、他の層は 5 5 0  $^{\circ}\text{C}$  とする。M O C V D の場合は、たとえば、I n 原料としてトリメチルインジウム (T M I), P 原料としてホスフィン、A l 原料としてトリメチルアルミニウム (T M A)、G a 原料としてトリエチルガリウム (T E G

）、 $p$ 型不純物 $Zn$ の原料としてジエチルジंक（DEZ）， $n$ 型不純物 $Si$ の原料としてジシラン（ $Si_2H_6$ ）等を用いる。成長温度は量子ドット層は $450-550^{\circ}C$ 、他の層は $600-700^{\circ}C$ とする。

## 【0019】

コンタクト層7の上にストライプ状のマスクを形成し、両側のコンタクト層7及びクラッド層5の一部をエッチングして除去する。このようにしてリッジ構造が形成される。リッジ構造の側面は、絶縁層10で埋め込んでもよい。基板1の裏面に $n$ 側電極8を形成し、コンタクト層7の上に $p$ 側電極9を形成する。

## 【0020】

このような半導体光装置でレーザ光を発生する半導体レーザーを形成する場合、リッジの幅は数 $\mu m$ 、基板の幅は例えば $300\mu m$ 程度、長さ（キャビティ長）も $300\mu m$ 程度である。キャビティの両端で半導体積層を劈開する。非出射面には反射膜を形成する場合もある。

## 【0021】

入射光を増幅する光増幅器を形成する場合は、基板の長さが $300\mu m\sim 30mm$ 、基板の幅は例えば $1mm$ 程度である。リッジの幅は数 $\mu m$ と半導体レーザーの場合と同様である。光増幅器を形成する場合は、キャビティの両端面を劈開した後、両端面に反射防止膜を形成する。

## 【0022】

なお、上述の数値は単なる例示であり、何ら制限的意味を有さない。

図1（B）は、埋め込み構造の光半導体装置の構成を示す。積層構造自体は、図1（A）の場合と同様である。埋め込み構造の場合、活性層の幅及び活性層に続く上下クラッド層の厚さの一部において、幅が制限されている。この活性層の幅を制限している領域に、光閉じ込め効果及び電流閉じ込め効果を有する埋め込み構造11が形成される。埋め込み構造11は、例えば $n$ 側領域と接する $p$ 型InP埋め込み層と、 $p$ 側領域と接する $n$ 型InP埋め込み層とを含む。

## 【0023】

このような埋め込み構造は、活性層又はその上のクラッド層の一部を成長した後、ストライプ状のハードマスクを形成し、両側の領域をエッチングし、さらに

埋込層を成長することにより形成できる。その後、ハードマスクを除去し、クラッド層、コンタクト層を成長する。他の点は図 1 (A) と同様である。

## 【 0 0 2 4 】

図 1 (C) は、光増幅器の構成を概略的に示す。光増幅器 1 2 の両端面には、反射防止膜 1 3、1 4 が形成されている。入射光を導入する光ファイバ 1 5 が活性層 4 と軸合わせされ、活性層 4 から出射する光に出射側光ファイバ 1 6 が軸合わせされている。

## 【 0 0 2 5 】

図 1 (D) は、半導体レーザの構成を概略的に示す。活性層 4 を有する半導体レーザ 1 5 の一方の端面は劈開され、反射面を形成し、レーザ光出射面を形成する。半導体レーザ 1 5 の他の端面は、劈開された後高反射膜 1 3 が形成される。なお、活性層以外のこのような半導体光装置の構成、製造方法は公知であり、公知の他の構成、製造方法を用いてもよい。以下、活性層 4 の構成を詳述する。

## 【 0 0 2 6 】

図 2 (A) は、活性層の構成例を示す断面図である。活性層 4 は、半導体エピタキシャル積層で構成される。 $\text{InP}$  基板と格子整合するアンドープ  $\text{In}_{0.53}(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.47}\text{As}$  で形成されたバリア層 4 1 の上に、相対的に格子定数が小さく、バンドギャップが狭い  $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$  の量子ドット層 4 2 を形成する。量子ドット層 4 2 は、例えば 1 ～ 6 原子層であり、下地のバリア層 4 1 と格子不整を有するため、S-K モードの島状（量子ドット）に成長し、連続した膜状には成長しない。

## 【 0 0 2 7 】

図 2 (B) は、量子ドット層の構成を概略的に示す。下地バリア層 4 1 の上に、島状の量子ドット 4 2 が形成される。量子ドット 4 2 は、例えば平面内の径が約 20 nm、厚さが約 5 nm 程度である。

## 【 0 0 2 8 】

図 2 (A) に戻って、量子ドット層 4 2 を形成した後、例えば厚さ約 30 nm のバリア層 4 3 を形成する。バリア層 4 3 の上に、量子ドット層 4 4 を形成し、その上にバリア層 4 5 を形成する。同様量子ドット層 4 6、バリア層 4 7 を形成

する。量子ドット層 4 4, 4 6 は、量子ドット層 4 2 と同様である。バリア層 4 3, 4 5, 4 7 はバリア層 4 1 と同一材料である。量子ドット層は、バリア層より狭いバンドギャップを有するため、伝導帯のバンド構造は図中右側に示すようになる。なお、図に示すように、最も下及び最も上のバリア層を厚くしてもよい。

#### 【 0 0 2 9 】

図 2 (B) に示すように、バリア層 4 3 は量子ドット 4 2 を埋め込んでバリア層 4 1 と連続する。ただし、S-K モードで量子ドットを成長すると、バリア層 4 3 とバリア層 4 1 の間にウェットティング層が形成される場合がある。他の量子ドット層 4 4, 4 6 も離散的量子ドットで形成され、これらの量子ドットはバリア層内に埋め込まれる。

#### 【 0 0 3 0 】

図 2 (A) の構成においては、バリア層の中に 3 層の量子ドット層が埋め込まれている。3 層の量子ドット層は、それぞれバリア層よりも格子定数が小さな材料で形成されている。このため、量子ドット 4 2 には引張り応力が発生する。すなわち、量子ドット層 4 2, 4 4, 4 6 は、引張り歪みを有する量子ドットの層となる。なお、図 2 (A) においては 3 層の量子ドット層を形成したが、量子ドット層の数は 1 ~ 2 0 程度の中から任意に選択することができる。

#### 【 0 0 3 1 】

図 2 (C) は、5 層の量子ドット層を形成した時のバンド構造を概略的に示す。活性層 AL 及びその両側のクラッド層 CL の伝導帯 c. b.、価電子帯 v. b. のエネルギーを示す。横方向が積層方向を示す。量子ドット層 QD においてバンドギャップが小さくなり、電子-正孔発光性再結合は量子ドット QD において優先的に生じる。バリア層 BL、クラッド層 CL は、量子ドット QD よりバンドギャップが広く、量子ドットからの発光に対し透明である。

#### 【 0 0 3 2 】

量子ドット層は引張り歪みを有する。引張り歪みが生じると、バンド端で軽い正孔のバンドが重い正孔のバンドより上になり、電子-軽い正孔間のエネルギー差が電子-重い正孔間のエネルギー差よりも小さくなる。このため、電子-軽い

正孔間の光学的遷移が優勢になる。この場合、TMモードの光との相互作用が優勢となる。以上説明した半導体光装置はTMモードの光を発振したり、増幅する。

#### 【0033】

量子ドットを、 $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ で形成する場合を説明したが、量子ドットはバリア層より格子定数が小さく、量子効果が生じ、歪がかかった時のバンドギャップが小さい他の材料で形成することもできる。例えば、上述の構成において、バリア層を $\text{In}_{0.53}(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.47}\text{As}$ 、量子ドットを $\text{GaN}_{0.01}\text{As}_{0.99}$ で形成してもよい。また、バリア層を $\text{In}_{0.53}(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.47}\text{As}$ 、量子ドットを $\text{GaAs}$ で形成してもよい。引っ張り歪のかかった $\text{GaAs}$ ドットは、 $\text{In}_{0.53}(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.47}\text{As}$ よりバンドギャップが狭くなる。まとめて表現すると、基板として $\text{InP}$ を用いた場合、量子ドットを $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}_y\text{As}_{1-y}$  ( $0 \leq x \leq 0.5$ ,  $0 \leq y \leq 0.5$ )で形成することができる。バリア層として基板と格子整合する材料を用いたが、基板とほぼ格子整合する材料を用いてもよい。すなわち、結晶成長上格子整合と同等と扱える材料を用いてもよい。

#### 【0034】

基板として $\text{GaAs}$ を用いた場合は、たとえばクラッド層として $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 、バリア層として $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 、量子ドット層として $\text{GaAs}_{0.5}\text{P}_{0.5}$ を用いることができる。

#### 【0035】

基板として混晶を用いることも可能である。例えば、 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 基板を用い、クラッド層を基板と同じ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ で形成し、バリア層を $\text{In}_{0.2}(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})\text{As}$ 、量子ドット層を $\text{GaAs}_{0.9}\text{P}_{0.1}$ で形成することができる。

#### 【0036】

図2(D)は、基板S、バリア層B、量子ドットQDのバンドギャップと格子定数の関係を概略的に示す。量子ドットQDに関しては、格子定数は、バルク状態の格子定数であり、バンドギャップは量子効果および歪を生じた状態での値で

ある。基板Sとバリア層Bとは格子整合またはほぼ格子整合している。量子ドットQDは格子不整合で、より小さい格子定数を有する。バンドギャップは、基板S、バリア層B、量子ドットQDの順に小さくなる。

【0037】

なお、上述の構成ではクラッド層は、基板と同一材料であり、基板と同一のバンドギャップ、格子定数を有する。基板と格子整合し、バリア層よりバンドギャップの広い他の材料を用いてもよい。

【0038】

なお、引張り歪みを有する量子ドットと、圧縮歪みを有する量子ドットとを組み合わせるにより、TEモード及びTMモードの両方の光を発振又は増幅する半導体光装置を構成することもできる。

【0039】

図3(A)は、基板S、バリア層B、引張り歪みを有する量子ドットQDT、圧縮歪みを有する量子ドットQDCのバンドギャップと格子定数の関係を示すグラフである。量子ドットに関しては、格子定数は、バルク状態の格子定数であり、バンドギャップは量子効果を生じ、かつ歪のかかった状態での値である。基板S、バリア層B、引張り歪み量子ドットQDTの関係は、図2(D)の基板S、バリア層B、量子ドットQDの関係と同様である。圧縮歪みを有する量子ドットQDCは、基板Sより格子定数が大きく、引張り歪みを有する量子ドットと同じバンドギャップを有する。

【0040】

たとえば、基板をInP、バリア層を $\text{In}_{0.53}(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.47}\text{As}$ 、または $\text{In}_{0.854}\text{Ga}_{0.146}\text{As}_{0.318}\text{P}_{0.682}$ 、量子ドットQDTをGaAs、量子ドットQDCをInAsで形成することができる。

【0041】

図3(B)は、活性層の構成を両側のクラッド層と共に示す。活性層ALは、一対のクラッド層CLに挟まれ、その内部には、バリア層BLと量子ドット層QDC、QDTの積層を含む。圧縮歪み量子ドットQDCの層と引張り歪み量子ドットQDTの層とは、バリア層BLを挟んで交互に形成されている。

【 0 0 4 2 】

圧縮歪み量子ドット QDC が TE モードの光を発振、増幅する。引張り歪み量子ドット QDT が TM モードの光を発振、増幅する。両者の機能を均等化することにより、偏波依存性のない半導体光装置を形成することも可能である。

【 0 0 4 3 】

図 4 (A) は、以上説明した半導体光装置を用いたフォトニックネットワークを示す。複数のノード N が光ファイバーなどによって結合され、フォトニックネットワーク NW を形成する。ノード N には光増幅器や光スイッチが含まれる。

【 0 0 4 4 】

図 4 (B) は、ノード N の半導体光増幅器の例を示す。波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、... の光が入力側ファイバー F1 を介して光増幅器 AMP に入力し、増幅されて出力側ファイバー F2 に出射する。

【 0 0 4 5 】

図 4 (C) は、光スイッチの例を示す。光スイッチ SW は、それぞれ単一波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、... の光信号を受け、増幅又は遮断し、合波器 P に選択的に光信号を供給する。合波器 P は、分波器 Q に接続されている。

【 0 0 4 6 】

以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組合わせが可能なことは当業者に自明であろう。

【 0 0 4 7 】

以下、本発明の特徴を付記する。

(付記 1) 第 1 の格子定数を有する第 1 の半導体の表面を有する基板と、  
前記基板上に形成された半導体積層であって、前記第 1 の格子定数よりも小さい第 2 の格子定数を有する第 2 の半導体で形成された第 1 種の量子ドットを含む活性層を有する半導体積層と  
を有する半導体光装置。(1)

(付記 2) 前記活性層は、前記第 1 の格子定数とほぼ格子整合するバリア層を含み、前記第 1 種の量子ドットは前記バリア層に埋め込まれている付記 1 記

載の半導体光装置。(2)

(付記3) 前記半導体積層の活性層が、さらに、前記第1の格子定数よりも大きい第3の格子定数を有する第3の半導体で形成された第2種の量子ドットを含む付記1または2記載の半導体光装置。(3)

(付記4) 前記第1種の量子ドットと前記第2種の量子ドットとは前記バリア層内で交互に面状に分布している付記3記載の半導体光装置。(4)

(付記5) 前記第1の半導体が  $\text{InP}$  であり、前記第2の半導体が  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}_y\text{As}_{1-y}$  ( $0 \leq x \leq 0.5$ ,  $0 \leq y \leq 0.5$ ) である付記1~4のいずれか1項記載の半導体光装置。(5)

(付記6) 前記活性層はキャビティを構成する1対の端面を有し、さらに前記1対の端面上に形成された反射防止膜を有する付記1~5のいずれか1項記載の半導体光装置。(6)

(付記7) さらに、前記1対の端面に光学的に結合された1対の光ファイバを有する付記6記載の半導体光装置。(7)

(付記8) 引張り歪みを持つ量子ドットを有する半導体光装置。

【0048】

(付記9) 光信号を供給する入力側光ファイバと、  
前記光ファイバに光学的に結合され、第1の格子定数を有する第1の半導体の表面を有する基板と、前記基板上に形成された半導体積層であって、前記第1の格子定数よりも小さい第2の格子定数を有する第2の半導体で形成された第1種の量子ドットと、前記第1の格子定数よりも大きい第3の格子定数を有する第3の半導体で形成された第2種の量子ドットとを含む活性層を有する半導体積層とを有する半導体光増幅器と、  
を有する光通信装置。(8)

(付記10) 前記活性層は、さらに前記第1の格子定数とほぼ整合するバリア層を含み、前記第1種の量子ドットは前記バリア層内に埋め込まれている付記9記載の光通信装置。(9)

(付記11) 前記半導体積層の活性層が、さらに、前記第1の格子定数よりも大きい第3の格子定数を有する第3の半導体で形成された第2種の量子ドット



を含む付記 9 または 1 0 記載の半導体光装置。(10)

(付記 1 2) 前記第 1 種の量子ドットと前記第 2 種の量子ドットとは前記バリア層内で交互に面状に分布している付記 1 1 記載の半導体光装置。

【0049】

(付記 1 3) 前記第 1 の半導体が  $\text{InP}$  であり、前記第 2 の半導体が  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}_y\text{As}_{1-y}$  ( $0 \leq x \leq 0.5$ ,  $0 \leq y \leq 0.5$ ) である付記 9 ~ 1 2 のいずれか 1 項記載の半導体光装置。

【0050】

(付記 1 4) 前記活性層はキャビティを構成する 1 対の端面を有し、さらに前記 1 対の端面上に形成された反射防止膜を有する付記 9 ~ 1 3 のいずれか 1 項記載の半導体光装置。

【0051】

(付記 1 5) さらに、前記 1 対の端面に光学的に結合された 1 対の光ファイバを有する付記 1 4 記載の半導体光装置。

【0052】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、引張り歪みを有する量子ドットを含む半導体光装置が提供される。引張り歪みを有する量子ドットは TM モードの光を発振、増幅することができる。

【0053】

TE モード、TM モードの両方の光を発振、増幅する半導体光装置を提供することができる。偏波依存性のない半導体光装置を提供することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施例による半導体光装置の構成を概略的に示す断面図である。

【図 2】 図 1 に示す半導体光装置の活性層の構成を説明するための断面図及びダイアグラムである。

【図 3】 本発明の他の実施例による半導体光装置を説明するためのダイアグラムである。

【図 4】 フォトニックネットワークを説明するためのダイアグラムである

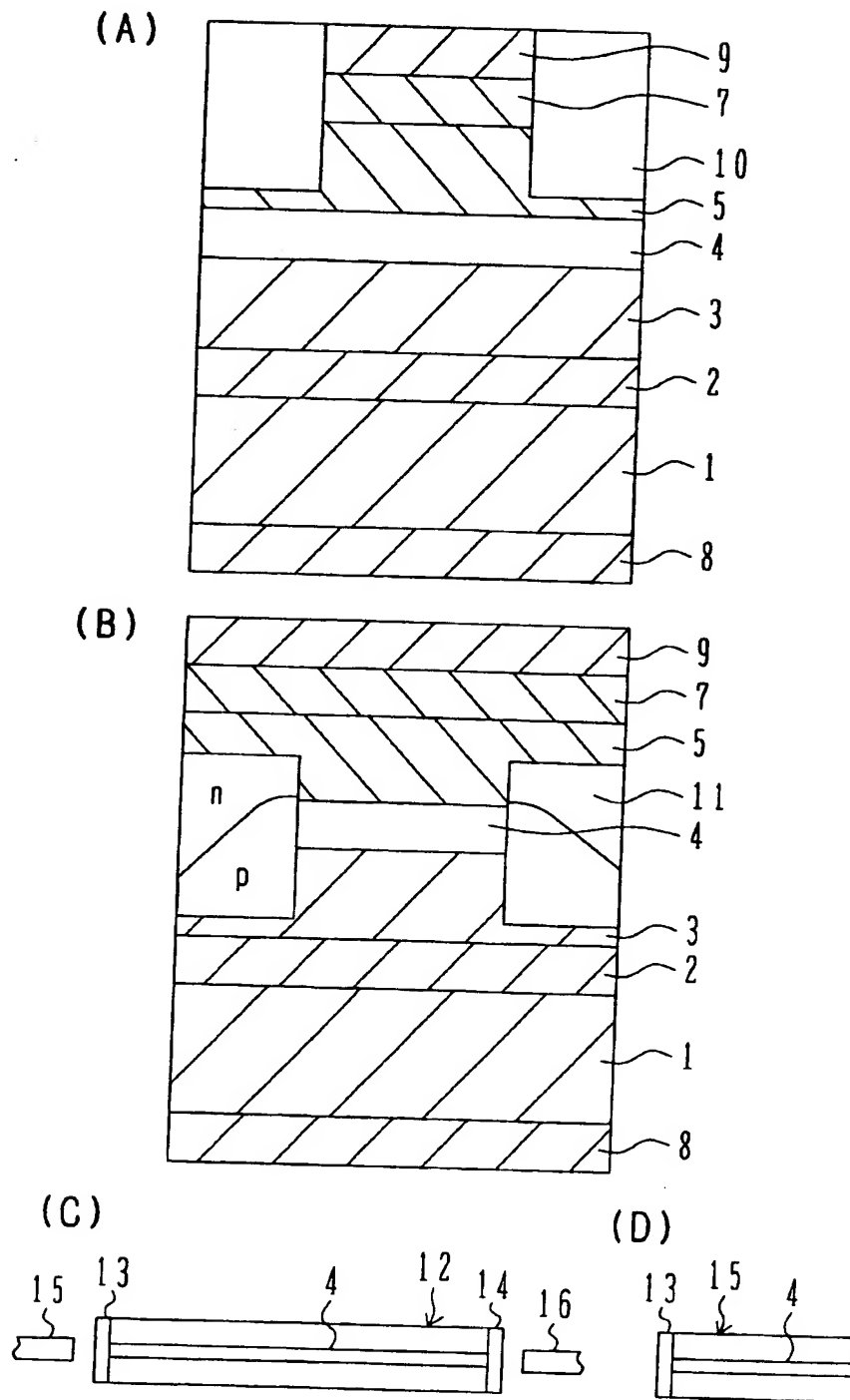
【符号の説明】

1	基板
2	バッファ層
3	クラッド層
4	活性層
5	クラッド層
7	コンタクト層
8	n 側電極
9	p 側電極
4 1、4 3、4 5、4 7	バリア層
4 2、4 4、4 6	量子ドット層
Q D	量子ドット
Q D T	引張り歪み量子ドット
Q D C	圧縮歪み量子ドット
S	基板
A L	活性層
B L	バリア層
C L	クラッド層
AMP	増幅器

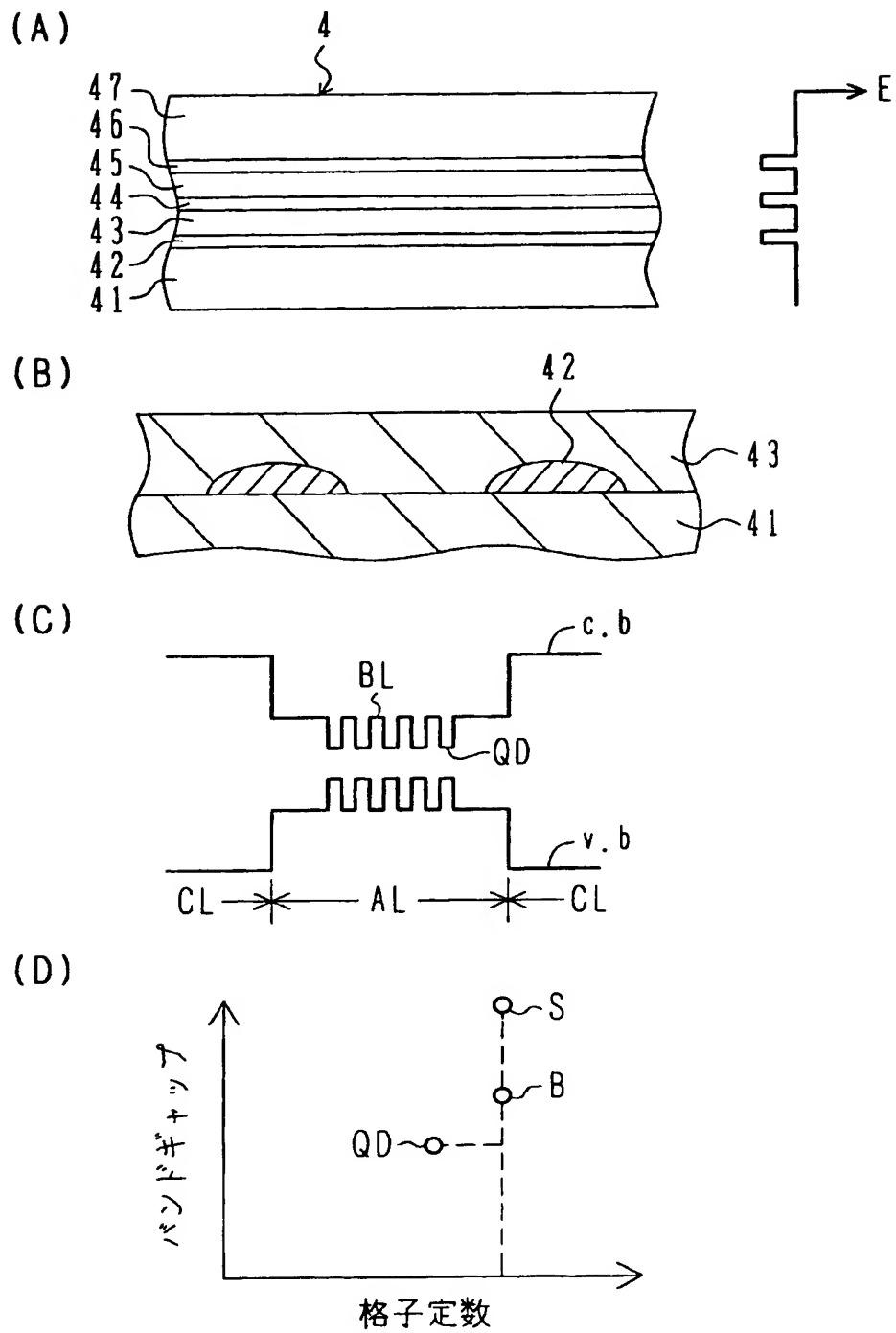
【書類名】

図面

【図 1】

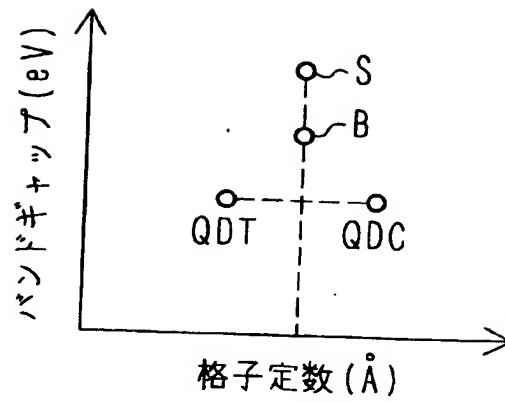


【図 2】

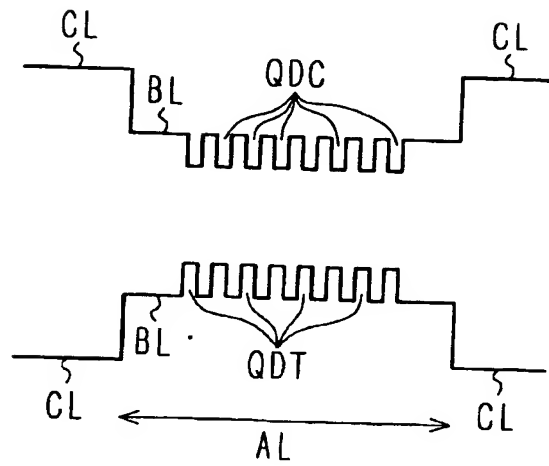


【図3】

(A)

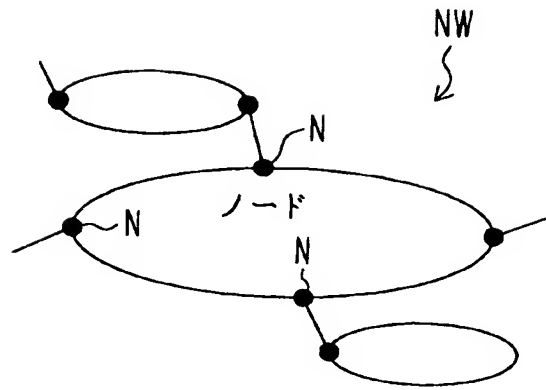


(B)

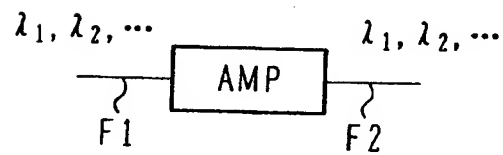


【図4】

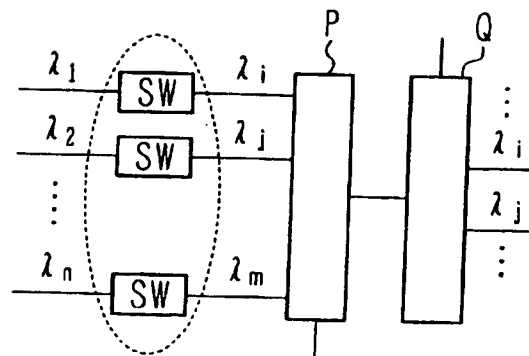
(A)



(B)



(C)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 TMモードの光と相互作用することのできる、引張り歪みを持つ量子ドットを有する半導体装置を提供する。

【解決手段】 半導体光装置は、第1の格子定数を有する第1の半導体の表面を有する基板と、前記基板上に形成された半導体積層であって、前記第1の格子定数よりも小さい第2の格子定数を有する第2の半導体で形成された第1種の量子ドットを含む活性層を有する半導体積層とを有する。

【選択図】 図2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 2 2 3 ]

1. 変更年月日 1 9 9 6 年 3 月 2 6 日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号  
氏 名 富士通株式会社